

Guía docente de la asignatura

**Microscopía Electrónica de  
Geomateriales**Fecha última actualización: 13/07/2021  
Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 17/07/2021**Máster**Máster Universitario en Geología Aplicada a los Recursos Minerales  
y Energéticos (Georec)**MÓDULO**

Técnicas y Métodos Instrumentales Generales

**RAMA**

Ciencias

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

3

**Tipo**

Obligatorio

**Tipo de  
enseñanza**Semiprese  
ncial**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

Estudio de las tres técnicas principales de microscopía electrónica: microscopios electrónicos de barrido (SEM) y transmisión (TEM) y microsonda de electrones. El objetivo es que los alumnos adquieran los conocimientos sobre la instrumentación, información que puede obtenerse, interpretación de datos y aplicaciones geológicas, así como de los métodos de preparación de muestras para microscopía electrónica. Se analizan los diferentes tipos de datos que proporcionan y las ventajas, inconvenientes y limitaciones de cada una de las citadas técnicas.

El curso se enfoca con una perspectiva teórico-práctica. En las prácticas se enseña el uso de la microsonda y de los diferentes tipos de microscopios electrónicos ubicados en el Centro de Instrumentación Científica de UGR. Además, se realizan estudios prácticos sobre diversas muestras y ejercicios con datos obtenidos en los diferentes equipos.

**COMPETENCIAS****COMPETENCIAS BÁSICAS**

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más



amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Adquirir habilidades y destrezas generales basadas en el método científico que le permitan adquirir y desarrollar aquellas otras específicas de su conocimiento y ámbito de trabajo.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE02 - Saber aplicar técnicas de análisis mineralógico y técnicas geoquímicas de análisis elemental e isotópico (estables y radioactivos) avanzadas de utilidad para la caracterización de materiales geológicos.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de análisis y síntesis desarrollada a partir de un pensamiento reflexivo
- CT02 - Resolución de problemas y toma de decisiones
- CT03 - Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y de los recursos informáticos relativos al ámbito de estudio
- CT04 - Comunicación verbal y escrita

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

El fundamento de las técnicas de microscopía electrónica y de su instrumentación básica.

Los diferentes tipos de información y datos que pueden aportar estas técnicas, sus ventajas, inconvenientes y limitaciones.

Los diversos métodos de preparación de muestras geológicas para microscopía electrónica.

Las aplicaciones geológicas de estas técnicas.

El alumno será capaz de:

Evaluar e interpretar datos de microanálisis químico e imágenes de SEM, difracción de electrones



y de microscopía electrónica de alta resolución.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

1. Introducción. Instrumentación básica. Interacción de los electrones con la materia. Resolución y magnificación.
2. Microscopía electrónica de barrido (SEM). Imágenes de electrones secundarios. Imágenes de electrones retrodispersados. Difracción de electrones retrodispersados (EBSD). Cátodoluminiscencia. Aplicaciones.
3. Microanálisis. Espectro de emisión de rayos X. Líneas espectrales. Espectros típicos. Espectrometría de energía dispersada (EDS). Aspectos instrumentales. Procesamiento e identificación de espectros.
4. Microsonda de electrones (EPMA). Espectrometría de longitud de onda (WDS). Instrumentación.
5. Análisis cuantitativo. Correcciones del fondo y de efecto matriz. Tratamiento de resultados.
6. Microscopía electrónica de transmisión (TEM). Preparación de muestras. Geometría de la difracción. Origen del contraste.
7. Microscopía electrónica de alta resolución.
8. Cristalografía electrónica.
9. Microanálisis en TEM. EELS.
10. Aplicaciones del TEM en Ciencias de la Tierra.

### PRÁCTICO

#### Seminarios/Talleres

Líneas espectrales. Identificación de espectros EDS.

Microanálisis WDS. Planteamiento de un caso práctico de estudio analítico mineral de una muestra de roca.

HRTEM. Medidas de espaciados de líneas reticulares

SAED: medidas de espaciados en difracción de electrones. Determinación de la fase mineral y su orientación.

AEM: Cálculo de fórmulas minerales a partir de análisis obtenidos en el TEM



## Prácticas de laboratorio

Visita a los laboratorios de preparación de muestras minerales para microscopía electrónica del Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la Universidad de Granada (adelgazador iónico, ultramicrotomo, metalizadores).

Visita a los microscopios electrónicos de barrido del CIC.

Visita a los microscopios electrónicos de transmisión del CIC: Talos y ultra alta resolución con HAADF FEI TITAN G2.

Visita a la microsonda electrónica CAMECA SX100 del CIC.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Agar AW, Alderson RJH, Chescoe D. (1974). Principles and practice of electron microscope operation. Practical methods in electron microscopy, vol.2. North Holland.

Buseck PR (ed) (1992). Minerals and reactions at the atomic scale: Transmission electron microscopy. Reviews in Mineralogy. v.27. Mineralogical Society of America.

Goldstein J, Newbury DE, Joy DC, Lyman CE, Echlin P, Lifshin E, Sawyer LC, Michael JR (2003). Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. (3rd ed). Springer.

Goodhew PI (1972). Specimen preparation in materials science. Practical methods in electron microscopy. North Holland.

Goodhew PJ, Humphreys FJ, Beanland R (2001). Electron microscopy and analysis. (3rd ed.). Taylor & Francis, London.

Loretto MH (1994). Electron beam analysis of materials (2nd ed). Chapman & Hall, London.

Nieto F, Jiménez Millán J, Gambogi G, Chiarini-García H, Correa Netto R (2010). Electron microscopy: SEM/ TEM. In: Physics in Medicine and Biology. Splinter R (ed.), CRC Press, Boca Raton. Ch. 40, 1-16.

Putnis A (1992). Introduction to mineral sciences. Cambridge Univ. Press.

Reed SJB (2006). Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in Geology (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge.

Scott VD, Love G, Reed SJB (eds.) (1994). Quantitative electron-probe microanalysis, (2nd ed). Ellis Horwood, Chichester.

White JC (ed.) (1985). Short course in application of electron microscopy in the Earth Sciences. Mineral. Assoc. Canada, 11.

Williams DB, Carter CB (1996). Transmission electron microscopy: a textbook for materials science. Plenum Press, New York.



## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Garvie LAJ, Graven AJ, Brydson R. (1994). Use of electron-energy loss near-edge fine structure in the study of minerals. *American Mineralogist*, 79, 411-425.

Lloyd GE (1987). Atomic number and crystallographic contrast images with the SEM: a review of backscattered electron techniques. *Mineral. Mag.* 51: 3-19.

Nieto F, Livi KJT (2013). Minerals at the nanoscale. *EMU Notes in Mineralogy* 14, European Mineral. Union, London

## ENLACES RECOMENDADOS

[Advancing Microscopy and Microanalysis. MSA](#)

[The Electron Microscopy Site. ETH Zurich](#)

[Electron probe micro-analyzer \(EPMA\). Carleton College](#)

[Electron Backscatter Diffraction \(EBSD\). Carleton College](#)

[EBSD Electron Backscatter Diffraction Analysis. Oxford Instruments](#)

[Quantitative Analysis NIST DTSA-II](#)

[SEM Scanning Electron Microscope. Jeol](#)

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Clases expositivas
- MD03 Orientación y tutorización
- MD04 Discusión con los estudiantes
- MD06 Resolución de casos prácticos
- MD07 Desarrollo de foros on-line de debate, de trabajo, de información, de consultas.
- MD08 Material audiovisual editado por el profesor (Presentaciones con audio, capturas de pantalla con video, grabación de clases, páginas web)
- MD09 Debate y seminarios mediante videoconferencias.
- MD10 Cuestionarios de autoevaluación on-line

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

Prueba escrita individual. Ponderación: 60%



Resolución de casos prácticos: Ponderación: 35%

Participación activa: Ponderación: 5%

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Prueba escrita individual. Ponderación: 65%

Resolución de casos prácticos: Ponderación: 35%

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.

La evaluación en tal caso consistirá en:

Prueba escrita individual. Ponderación: 65%

Resolución de casos prácticos: Ponderación: 35%

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Todo el fundamento teórico del curso está en la parte virtual del master. El correcto seguimiento de las clases y comprensión de la materia durante su periodo correspondiente es fundamental y supone el contenido principal del curso. A ello se debe dedicar el tiempo de dicho periodo, por lo que no se solicitan entregas que exijan mucho tiempo. Sin él, el seguimiento y comprensión de las prácticas resultaría imposible, así como la propia superación del curso.

